研究報告

北部地區冬季甘藷之健康種苗繁殖技術、蟲害發生調查及成本分析

羅淑芳 [1]、林靜宜 [2]、黃守宏 [2,*]
[1]行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所農藝系
[2]行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所植保系

摘要

本試驗目的為新北市金山地區進行甘藷「台農 57 號」、「台農 66 號」及「台農 73 號」等健康種苗越冬種植試驗，以生產優質及穩定的種苗，並評估隧道式設施及其他物品之成本，期盼當地種苗的供應能自給自足。根據中央氣象局資料，顯示 2015 年 12 月至 2016 年 4 月月均溫為 14.4–17.6℃，期間甚至出現 10℃以下的低溫，而自行以溫度測計測量結果，以土表下 8 cm 之溫度最高，大氣之溫度較低，兩者相差 0.5–1.3℃。塑膠布隧道內的大氣溫度較無覆蓋者可提高 1–2.5℃，塑膠布隧道式栽培可確保低溫寒流期間之藷苗存活率達 100%，無覆蓋者存活率僅 50-55%之間；以塑膠布隧道式栽培方式對於甘藷 3 品種的植株生長勢較無覆蓋者為佳，且達極顯著性差異，其中以「台農 66 號」及「台農 73 號」的生長勢較「台農 57 號」旺盛。而蟲害發生調查顯示，1–3 月低溫時期，所發生之害蟲種類及數量甚低， 4 月份大氣溫度逐漸上升，害蟲發生種類及數量有逐漸增加之現象，特別是鳥羽蛾，每條藷蔓平均密度可達 0.5 隻。此時期大氣溫度最高，塑膠布隧道內的大氣溫度則比無覆蓋區可提高 1.5℃左右。以 0.1 ha 栽培面積為估算單位，成本分析結果顯示，第一年以搭隧道式棚架所需材料的比例最高為 67.3%，其次為整地、種植及搭棚架等工資佔 18.6%，第二年以後所需的費用約為第一年的 45%。

關鍵詞：甘藷、健康種苗、隧道式栽培方式、越冬種植、蟲害。

*通信作者, shhuang@dns.caes.gov.tw
投稿日期：2016 年 7 月 22 日
接受日期：2016 年 9 月 26 日
作物、環境與生物資訊 13:116-125 (2016)
Crop, Environment & Bioinformatics 13:116-125 (2016)
189 Chung-Cheng Rd., Wufeng District, Taichung City 41362, Taiwan ROC

Healthy Seedlings Propagation Technology Development, Insect Pests Density Survey and Cost Analysis for Sweet Potato Grown in Winter Season in Northern Taiwan

Shu-Fang Lo[1], Ching-Yi Lin[2] and Shou-Horng Huang[2,*]

[1] Department of Agronomy, Chiayi Branch Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi 60044, Taiwan ROC

[2] Department of Plant Protection, Chiayi Branch Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi 60044, Taiwan ROC

ABSTRACT

The objective of the present research was to develop healthy seedlings propagation technology for sweet potato cultivars 'Tainung No.57 (TNG57)', 'Tainung No.66 (TNG66)' and 'Tainung No.73 (TNG73)' grown in winter season in Jinshan District, New Taipei City. Thestable production ofhigh quality sweet potato seedling in Northern Taiwan as well as cost analysis for adopting protected/tunnel cultivation were also studied. From data collected from the Central Weather Bureau, from December 2015 to April 2016, the average monthly temperature was in range of 14.4℃ to 17.6℃ and the minimum temperature was below 10℃. By comparing air temperature, soil surface temperature and soil temperature of 8 cm depth, it showed that soil

temperature measured at the depth of 8 cm was the highest while air temperature was the lowest, There as a 0.5℃ to 1.3℃ temperature difference. The temperature inside tunnel was 1℃ to 2.5℃ higher than that in the open field. The survival rate of sweet potato seedlings for tunnel cultivation and open field were 100% and 50-55%, respectively. The growth rate of these three tested sweet potato varieties was also higher with tunnel cultivation, especially for TNG66 and TNG73. The density of insect pests was quiet low during January to March, but raised gradually in April, particularly plume moth reached 0.5 per sweet potato vine. Temperature inside tunnel was about 1.5℃ higher than that in the open field. By analyzing the total cost for 0.1 hectare, expenditure on tunnels was the major portion (67.3%), followed by the wages of plowing, planting and shedding (18.6%). However, the total cost in the second year reduced to about 45% of the cost paid in the first year.

Keywords: Sweet potato, Seedling, Tunnel cultivation, Seedling propagation in winter season, Insect pests.

前言

世界各農業先進國家均將健康種苗制度列為重要防疫措施之一，期藉種苗之健康檢查及推廣健康種苗之使用，積極主動防範病蟲害發生於未然，以提高農產品質量及減少農民損失。然而，大氣溫度為影響作物生長、發育及生產品質之主要因子，近年來因氣候極端變化導致作物生長的環境多變，預測至2100年地球表面溫度可能將上升1.4至5.8℃ (Intergovernmental Panel on Climate Change 2007)，因此將導致作物生產必須投入更多的成本，甚至造成禾穀類、果樹類及根莖類等作物的損失(DaMatta *et al*. 2010)。因氣候的極端變化，使得冬季可能需利用加熱裝置維持溫室裡理想的溫度，以維護植物的生長及發育，但卻將增加成本的支出。為降低成本及高效率的保溫效果，例如不同覆蓋材質及熱力的維持皆需考量，使用雙層玻璃的溫室可減少冬季熱能的散失，但同樣地減少光的照射造成植物生長不良。研究顯示，可移動隧道覆蓋方式可保留 40%熱能在隧道裡(Critten and Bailey 2002)，減少熱能的流失；以移動式隧道栽培作物，白天期間可打開隧道，夜晚再行覆蓋以減少熱流散失(Kieboom 1988)。廣泛被使用的被覆材質有聚乙烯(polyethylene)、聚酯纖維(polyester)、布(cloth)或薄膜(film)，且配合鋁質支架搭建設施(Zabeltitz 1988)。臺灣為典型海島型氣候區，因為冬季低溫之影響，對於某些作物生長將造成低溫阻礙，無法順利生產。利用簡易設施的架設提供更適合作物的生長環境，目前國內外已有許多成功案例，如洋香瓜及草莓等(Huang *et al*. 1987, Albright *et al*. 1989, Yang *et al*. 1997, Xiao *et al*. 2001, Chandler and Sumler Jr. 2005)。

甘藷是熱帶及亞熱帶重要的根莖類作物，在全世界主要糧食作物名列第七名，95%生產國大都集中於亞洲及非洲地區(Woolfe1992, Mukhopadhyay *et al*. 2011)。在新北市金山地區甘藷為相當重要的產業作物，此區域土壤富含有機質及排水性佳之特性，所生產之甘藷品質穩定而香甜，每年所舉辦的「金山甘藷節」已成為地方重要產業活動。惟當地種植之甘藷種苗，需由外地生產供應，不利於產業永續發展。甘藷為無性繁殖作物，種苗的健康生產制度攸關產業後續的健全發展，為落實在地生產與品質控管，建立冬季甘藷種苗生產制度乃產業重要之課題。為克服臺灣北部冬季低溫之環境，利用設施栽培進行甘藷種苗之生產應為可行方式之一，其可同時阻隔害蟲(病害感染源)或忌避蟲害棲息。如此，除可改善作物生產環境外，亦可以作為作物病蟲害之防治，相關研究成果現已相當普遍，且獲得良好成效(Natwick and Durazo 1985, Licciardi *et al*. 2008, Chang 2011)。但有關於臺灣北部冬季低溫地區甘藷種苗生產技術之研究，可供參考文獻極少，因此本試驗於新北市金山地區冬季進行甘藷健康種苗隧道式栽培處理，探討對健康種苗繁殖效率及蟲害發生情況，並

分析設施資材及其它物品成本，期望北部地區農民於春夏作栽種甘藷的種苗能自給自足，以生產高品質及高產量的甘藷，振興地方甘藷產業發展。

材料與方法

一、供試材料

本試驗以甘藷健康種苗「台農 57 號」(‘TNG57’)、「台農 66 號」(‘TNG66’)及「台農 73 號」(‘TNG73’)等材料，經 20 d 健化期後種植至網室原種圃，增殖期 110 d 後，種植到溪口農場 0.1ha 採種圃，再經 70 d 生長期，取先端苗進行健康種苗越冬試驗。

二、溫度調查方式

根據中央氣象局於新北市金山地區自 2015 年 12 月 1 日至 2016 年 4 月 6 日共 128 d 所觀測的日均溫，分析試區氣溫資料。本試驗又利用溫度測計(Center 309, Center Inc., New Taipei City, Taiwan)測量不同處理區之氣溫、土表溫度及土層深度 8 cm 處之土溫，每處理取樣 6 點，溫度測量時間為調查當日 15:00–17:00 間。檢測各項參數溫度變化，比較甘藷種植畦面是否有覆蓋物之差異，以及覆蓋材質種類及設施栽培方式間之落差。

三、塑膠布隧道式栽培對甘藷種苗存活率調查

2015 年 1 月至 3 月期間，適逢多道低溫寒流過境臺灣，對甘藷種苗存活造成重大影響。本試驗自 1 月起，在各處理區中調查甘藷各品種種苗之存活率，每次調查 6 點，每點調查 10 株種苗，以計算各處理之各種苗存活率。

四、田間設計採隧道式覆蓋及無覆蓋處理

甘藷健康種苗於 2015 年 12 月 1 日種植於新北市金山區 0.2 ha 試驗田，採完全逢機設計 (complete randomized design; CRD)，處理因子為「台農 57 號」、「台農 66 號」及「台農 73 號」等 3 品種健康種苗，採隧道式覆蓋(tunnel cultivation)及無覆蓋處理(CK)等 6 組合，每組合重複 4 次。種植前 0.1 ha 施用硫銨 40 kg，0.1 ha 共種植 12 行，每行畦寬 1.8 m × 長 50 m，分別以長 3.30 m 鐵條做成半圓型隧道，以塑膠繩固定，再以透明塑膠布(寬 2.7 m×長 100 m×厚 0.06 mm)進行覆蓋及無覆蓋處理。栽培試驗於 2015 年 12 月 1 日進行健康種苗種植，經 128 d 調查每株蔓重(g)、最長蔓長(cm)、大於 60 cm (可覆蓋畦面長度)蔓數、大於 30 cm (先端苗長度)蔓數、大於 5 cm 總芽數、塊根數、塊根重(g)等。

五、害蟲調查方式

甘藷種苗種植後，每個月進行調查一次，於各處理區進行取樣調查共計 6 點，每點調查 5 條甘藷藤蔓，記錄於藤蔓上發生之害蟲種類及數量。

六、成本估算

以 0.1 ha 為成本估算單位，其內容包括: 工資、租金、種苗費、化學藥劑費及材料費等，分述如下列：

1. 工資

整地、作畦、種植、施肥、噴藥及搭隧道棚架等工資小計為 10,000 元。

2. 租金

一期租金為 4,500 元。

3. 種苗費

購買種苗費用為 0.7 元苗$^{-1}$ × 3,000 苗 = 2,100 元。

4. 化學藥劑(田間肥料及雜草防治)費用

種植前施用 1 包台肥複肥 4 號(氮-磷-鉀：11-5.5-22, 40 kg)為基肥(445 元)，種植期間視植株生長狀況再施用 1 包，肥料費用為 890 元；除草劑防治 2 次，藥劑成本 100 元，因此小計 890 元 + 100 元 = 990 元。

5. 材料費

搭隧道式棚架材料費用：(1)鐵條成本部分，試驗田區畦寬 1.80 m，溝寬 0.30 m，畦

長 3.40 m，每 0.1 ha 可做畦約 12 行，每行需使用 21 條鐵條(每條 3.45 m)而 0.1 ha 需 252 條，故鐵條費用 118 元條$^{-1}$ × 252 條 = 29,736 元，但鐵條至少可使用 10 年以上。(2)塑膠布成本部分，0.1 ha 需 4 卷塑膠布(每卷長 100 m × 寬 2.72 m × 厚 0.06 mm)，費用為 1,470 元捲$^{-1}$ × 4 捲=5,880 元，而塑膠布使用期約 6 個月。結束帶成本部分，結束帶 1 件 2,100 元，12 支塑膠布配合 1 件結束帶，所以 0.1 ha 僅需 0.3 件結束帶。

七、資料統計與分析

本試驗資料經 t 統計量進行分析檢定，以瞭解隧道式覆蓋栽培及無覆蓋處理差異性。

結果與討論

一、氣溫、土壤溫度變化及種苗存活率

新北市金山地區於 2015 年 12 月 1 日種植甘藷健康種苗「台農 57 號」、「台農 66 號」及「台農 73 號」共 0.2 ha。根據中央氣象局資料顯示，甘藷苗種植後大氣月均溫為 17.6 ℃，接著 3 個月的月均溫為 14.4–15.5℃，甚至出現低於 10℃以下的嚴寒氣候，種植後期 4mon 開始溫度上升至 20℃以上 (Fig. 1)。許多學者指出甘藷生長最適溫度為 18–30℃，葉片最理想的生長溫度為 26.7℃，低於此溫度將造成葉面積急速下降；整個植株生物量達最大的理想環境溫度為 26.5℃，而塊根鮮重及乾重的理想溫度則分別為 24.0 及 25.6℃，低於 15℃時則莖葉生長停滯，低於 6–8℃則呈現萎凋狀態，若遇霜害則枯死，因此需搭設棚架進行保溫(Zhao *et al*. 2005, Luo *et al*. 2014, Gajanayake *et al*. 2015)。

從中央氣象局的氣象資料分析，顯然本試驗期間大氣溫度並不適合甘藷的生長，因此於甘藷種苗種植後即進行塑膠布隧道式栽培(Fig. 2)。自 2016 年 1 月份開始進行塑膠布隧道內及無覆蓋區域之氣溫、土表溫度及土層深度 8 cm 處溫度變化之測量，結果如 Fig. 3。由知，1–3 月份自行測得氣溫為 13–19℃間，土層深度 8 cm 處之溫度皆高於氣溫，兩者相差 0.5–1.3℃；塑膠布隧道式栽培區內之溫度高於無覆蓋區 1–2.5℃。4 月份大氣溫度上升至 28–30℃，塑膠布隧道式栽培區內之氣溫比無覆蓋區高約 1.5℃，土表溫度則相差不多，土層深度 8 cm 處土溫則反而以無覆蓋區最高，兩者相差約 2.5℃左右。由測量塑膠布隧道栽培區處理之氣溫、土表溫度及土層深度 8 cm 處土溫變化顯示，塑膠布隧道式覆蓋區內的氣溫可提高 1–2.5℃，形成類似溫室效應而得到保持熱度及提高溫度之效果(Yang *et al*. 1997, Chen *et al*. 1999)。隨著 4 月份大氣

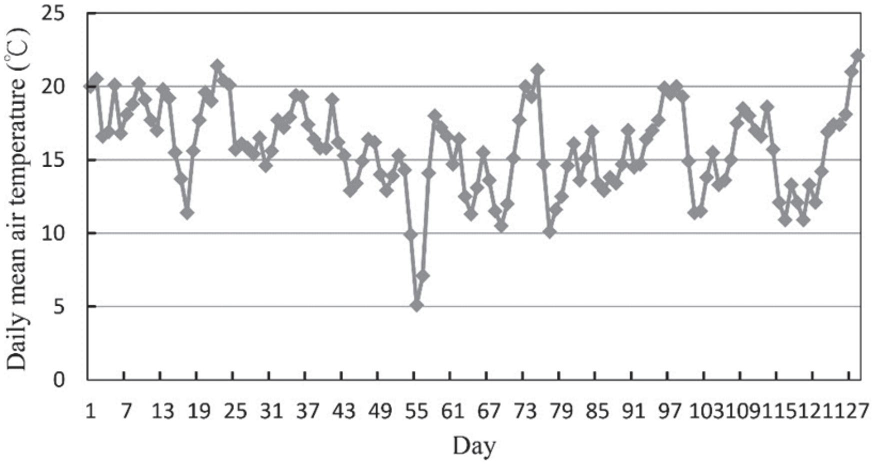

Fig. 1. The average daily mean temperatureadapted from weather data of Central Weather Bureau collected at Jinshan District, New Taipei City, from December 2015 to April 2016.

Fig. 2. The growth condition of sweet potato seedlings with tunnel cultivation.

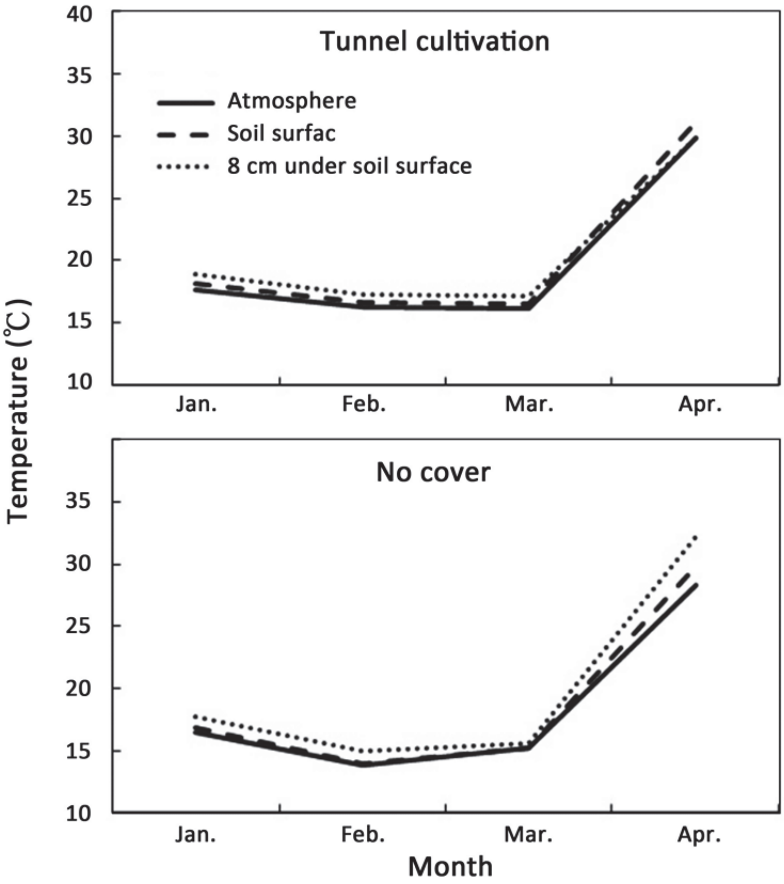

Fig. 3. Fluctuations of temperature in atmosphere, soil surface and 8 cm depth of soil layer by different facility treatments.

溫度逐漸上升至 30℃，隧道式覆蓋區內之氣溫因溫室效應之故而可上升至 35℃以上，甚至 40℃，此等過高溫度及密不通風環境將更可能引起作物生長障害(Yang *et al*. 1997)。據此，隧道的塑膠布應視溫度變化適時掀開，以利通風，此為設施栽培需要注意之處。

2016 年 1 月份開始調查兩個處理區內各甘藷品種苗存活率，結果如 Fig. 4。顯示於無覆蓋區 3 個甘藷品種之存活率在 68–90%之間，之後逐漸下降，至 4 月份時 3 個甘藷品種之存活率在 50–55%之間；塑膠布隧道式栽培區內之藷苗存活率，於調查期間內均為 100%。由於試驗期間於 105 年發生低溫寒流過境，寒流帶來低溫(最低溫達到 5℃)之外，亦伴隨降雨，致使無覆蓋區所種植之藷苗有受凍死亡現象(Fig. 4)。此一結果更可證明，在低溫時期藷苗在無雨水及強風吹襲之隧道式環境下，藷苗仍可存活，而在大氣溫度回暖之後，隧道式栽培環境可促使藷苗快速生長，進而促使提早採收。

二、田間隧道式栽培對健康種苗生長之影響

甘藷健康種苗種植後 128 d 調查農藝性狀，結果如 Table 1 所示。以塑膠布隧道式栽培方式對於「台農 57 號」、「台農 66 號」及「台農 73 號」的植株生長勢較不處理者為旺盛，且達極顯著性差異。以整株蔓重量言之，「台農 57 號」及「台農 73 號」以塑膠布隧道式栽培較不處理者增加 3–4 倍，「台農 66

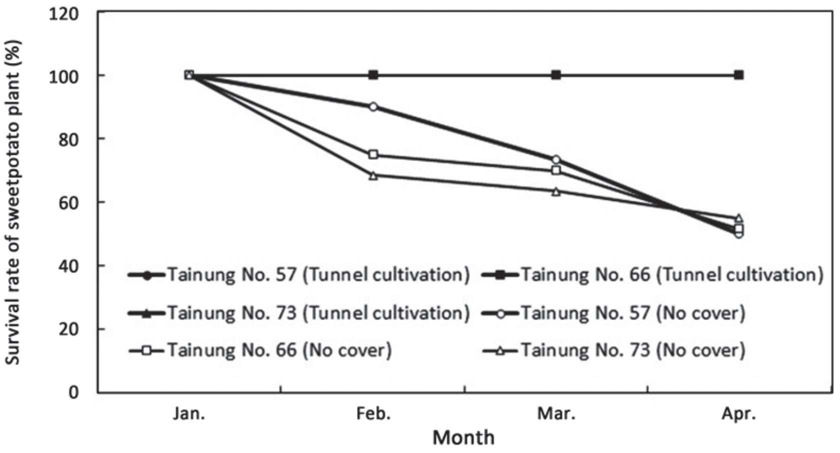

Fig. 4. Seedling survival rate of three sweet potato varieties under different facility treatments.

Table 1. The agronomic trait for seedlings of sweet potato grown with tunnel cultivation and in open field after 128 days of growth.

Variety	Treatment	Agronomic traits						
		Vine weight (g)	Maximum vine length (cm)	Number of vine length ＞60 cm	Number of vine length ＞30 cm	Number of shoots ＞5 cm	Number of storage root	Root weight (g)
Tainung No.57	Tunnel cultivation	76.3a[y]	42.9a	0.1a	1.6a	4.0a	2.0a	22.3a
	Open field	16.6b	20.6b	0.0a	0.3a	0.4b	0.1b	0.1b
Tainung No.66	Tunnel cultivation	118.8a	73.0a	0.7a	1.5a	5.7a	4.0a	44.1a
	Open field	11.6b	16.0b	0.0b	0.4b	0.8b	0.5b	2.3b
Tainung No.73	Tunnel cultivation	103.9a	61.3a	0.6a	2.2a	5.3a	5.1a	36.4a
	Open field	20.7b	30.0b	0.0b	0.7b	2.8b	0.6b	0.4b

[y] Mean ± standard error (n=28). Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 1% level by t-test.

號」增加 9 倍之多；3 品種先端苗(大於 30 cm)的數量亦以塑膠布隧道式栽培較不處理者多 2–4 倍，此影響著種苗繁殖的數量問題；地下部塊根數及重量的表現結果，塑膠布隧道式栽培者塊根數量及重量皆較不處理達極顯著的差異，其中以「台農 57 號」覆蓋塑膠布處理者較不處理的塊根數多 19 倍，而塊根重量多 222 倍。整體而言，北部地區於冬季搭隧道式棚架栽培甘藷健康種苗，對種苗的生長明顯有所助益。

根據 Wrigley *et al*. (1994)研究指出，甘藷能適應各種不同環境條件，但若在惡劣環境下將影響作物的生長及發育，甚至於開花期、塊根形成期及塊根肥大期遇上逆境時將導致產量嚴重降低。所以，若進行覆蓋栽培，可明顯促進甘藷植株前期生長發育良好，地上部生長勢強，分枝數增多，結藷提早及增產 31.8% (Li *et al*. 2012)。本研究亦有類似的結果，即甘藷苗在覆蓋設施栽培之植株生長勢強，且產量增加 18 倍以上。據此可知，在臺灣北部較冷涼地區或其他嚴酷低溫氣候下栽培甘藷時，需要增加田間保溫設施以確保植株正常生長發育。

三、藷苗蟲害發生情形之調查

於 105 年 1–3 月份調查於覆蓋塑膠布隧道式栽培區及對照無覆蓋區之藷苗，發現「台農 57 號」、「台農 66 號」及「台農 73 號」種苗所發生之害蟲種類及數量甚低(Fig. 5)，僅有少量夜蛾類害蟲，每條藷蔓平均僅 0.06 隻以下。相較而言，雖然塑膠布隧道內藷苗上發生蟲數較高，但在 3 mon 期間僅發現少量鳥羽蛾及金花蟲等，每條藷蔓密度在 0.1 隻以下。4 mon 後調查結果顯示，塑膠布隧道內發生之害蟲種類及數量有逐漸增加之趨勢，蟲害發生以鳥羽蛾為主，每條藷蔓平均密度可達 0.5 隻，金花蟲及夜蛾類發生量次之。無覆蓋之對照區部分，兩個甘藷品種上發生之害蟲種類及數量，受到低溫寒流影響更大，所調查到之數目甚少，僅記錄到少許夜蛾及金花蟲發生，每條藷蔓密度在 0.03 隻以下。隧道式栽培為利用設施，阻隔及改變設施內之環境因子，如溫度、濕度、遮蔽降雨及通風性等，除可促使作物生長及提早採收、提高生產品質，降低或抑制某些病蟲害(潛蠅、薊馬)發生之效果，卻也可能相對增加某些病害及小型害蟲(如粉蝨、蚜蟲及蟎類)之發生，

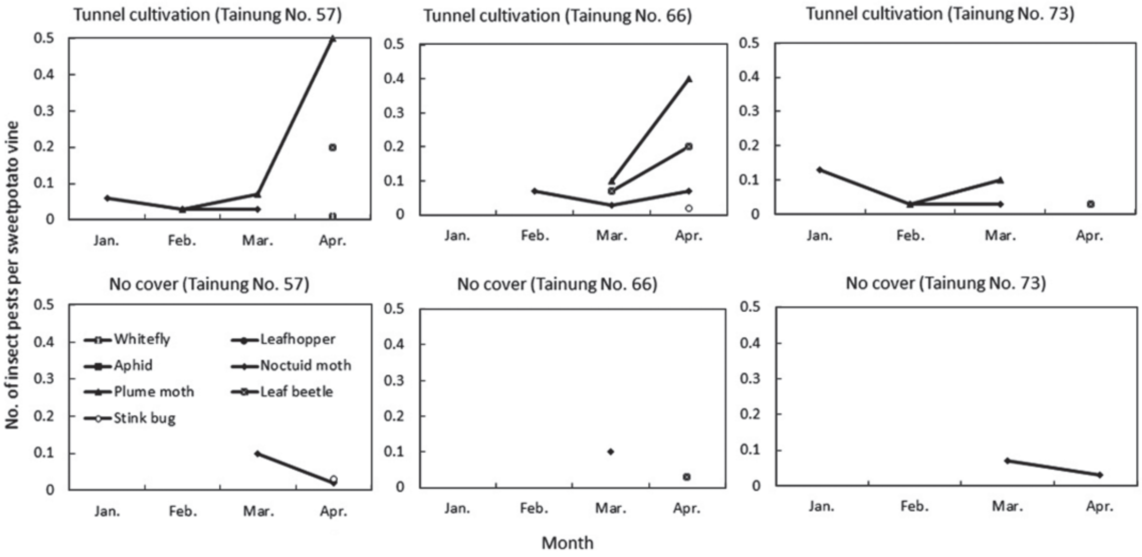

Fig. 5. Fluctuations of insect pests of Tainung No. 57, Tainung No. 66 and Tainung No. 73 under different facility treatments.

甚至因此造成更嚴重之危害(Huang *et al*. 1987, Cheng and Ho 1997, Xiao *et al*. 2001, Chandler and Sumler Jr. 2005, Licciardi *et al*. 2008)。

而由 105 年利用塑膠布隧道式栽培甘藷種苗於 4 mon 後之調查結果，隧道內之環境不僅提供甘藷種苗生長，也相對提供某些害蟲更佳的生長場所。因此，健康種苗的種植及早期預警與預防措施，為生產過程之重要管理策略(Díez *et al*. 1999, Huang and Cheng 2008)，包括設施栽培在內皆有需要。本試驗田區已多年無種植甘藷，且種植前也經過淹水之處理，因此也較無相關甘藷土壤性病害殘存之問題(Lopes and Silva 1993, Clark *et al*. 2013)。加上試驗新植之甘藷為健康種苗，故於該年同時也進行病害發生之調查。於試驗期間之調查結果，也僅在栽培 3 mon 起有基腐病發生，惟發生率甚低(1.1%以下)。另外，調查期間並未記錄到任何病毒病害之發生，由此也間接證實健康種苗制度對於甘藷生產之重要性(Lopes and Silva 1993, Clark *et al*. 2013, Huang *et al*. 2016)。

四、成本估算

以 0.1 ha 為成本估算單位，其內容包括:工資、一期租金、種苗費、田間肥料及雜草防治費、搭隧道式棚架材料費用等。第一年成本預估為 51,836 元，其中以搭棚架所需材料的比例最高為 67.3%，其次為整地、種植及搭棚架等工資占 18.6%，一期租金為 8.4%，種苗費 4.0%，肥料及農藥所需費用最低佔 1.8%(Fig. 6)。第二年以後成本預估為 23,470 元，包括一期租金 4,500 元、種苗費 2,100 元、整地、作畦、種植、噴藥及搭棚架等工資 10,000 元、肥料、噴藥 990 元、塑膠布 5,880 元，而鐵條及結束帶繼續使用。因此，第二年以後所需的費用約為第一年的 45%，鐵條的使用年限可達 10 年以上。

北部地區農民於春夏作種植甘藷，傳統方式為種植前至南部地區購買種苗，種苗的數量及品質常有瑕疵，因此徒增農民的困擾。本研究以甘藷種苗於北部地區越冬乃一項創新，冬季搭建隧道式棚架進行種苗繁殖，藉由保溫效果及避免或減少雨水對土壤表層的沖刷及肥料的流失，而有利於土壤保持疏鬆結構、增加通氣性及提高保水能力，並且使健康種苗能正常地生長及繁殖。當地農民可依該區域所需的種苗限量栽種，自行管理且可調節種植時期，而且優質的甘藷種苗栽種面積如能再擴增，將更有助於當地甘藷產業蓬勃發展及增進農民的收益。

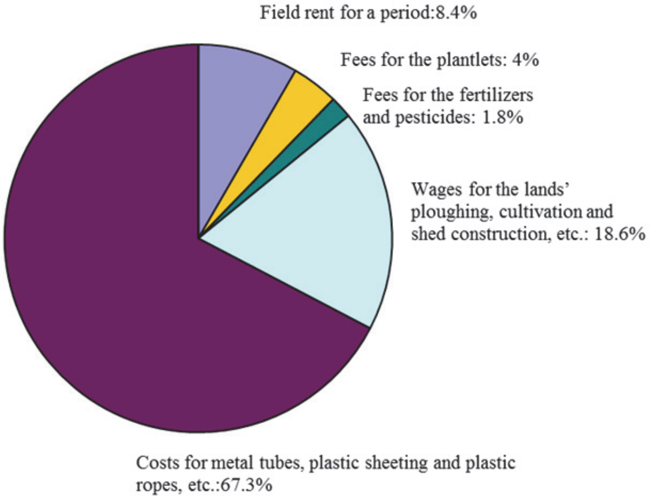

Fig. 6. Cost analysis on the production of sweet potato seedlings by tunnel cultivation method.

誌謝

本研究承蒙農業委員會科技計畫經費補助(105 農科–9.7.1–農–C6)，又獲新北市金山區農會協助試驗田區的相關事項，統計分析承農試所作物組呂副研究員椿棠及本分所農藝系廖大經助理研究員協助，英文摘要承嘉義農業試驗分所農藝系賴主任永昌博士協助，謹此一併誌謝。

引用文獻

Albright LD, D Wolfe, S Novsk (1989) Modeling and row cover effects on microclimate and yield: II Thermal Model and Simulations. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 114:569–578.

Chandler CK, JC Sumler Jr. (2005) Evaluation of strawberry cultivars grown under a high plastic tunnel in west central Florida. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 118:113–114.

Chang SJ (2011) Barrier effect. p.96-108. *In*: Nonsynthetic resources for pest management. CL Wang, JZ Yu, CT Lu, FC Lin, HT Shih (eds.) Special Publication No. 142. Taiwan Agricultural Research Institute Press, Taichung, Taiwan. (in Chinese)

Chen CC, CT Tsao, RS Lin (1999) Microclimate thermal model of tunnel cover culture. (in Chinese with English summary) **J. Agric. For.** 48:1–16.

Cheng CH, SC Ho (1997) Evaluation of the effect of ultraviolet-absorbing film on the population of insect pests and yield of muskmelon. (in Chinese with English abstract) **Plant Prot. Bull.** 39: 289–304.

Clark CA, DM Ferrin, TP Smith, GJ Holmes (2013) Compendium of Sweetpotato Disease, Pests, and Disorders.2nd ed. APS Press, St. Paul. 160pp.

Critten DL, BJ Bailey (2002) A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. **Agric. For. Meteorol.** 112:1–21.

DaMatta FM, A Grandis, BC Arenque, MS Buckeridge (2010) Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. **Food Res. Intl.** 43:1814–1823.

Díez MJ, S Roselló, F Nuez (1999) Tomato production under mesh reduces crop loss to tomato spotted wilt virus in some cultivars. **HortScience** 34:637–637.

Gajanayake B, KR Reddy, MW Shankle (2015) Quantifying growth and developmental responses of sweetpotato to mid- and late-season temperature. **Agron. J.** 107: 1854-1862.

Huang CW, HR Yang, CY Lin, SL Hsu, SY Lai, HF Ni (2016) The study of physiological characteristics and control of *Phomopsisde struens* causing foot rot of sweet potato. (in Chinese with English summary) **J. Taiwan Agric. Res.** 65:45–53.

Huang SH, CH Cheng (2008) The insect pests of sweet potato and management in Taiwan (in Chinese with English summary). p.153-163. *In*: Proceeding of Symposium on Research and Development of Sweet potato. Chinese Culture Univ. Press. Taipei, Taiwan. (in Chinese)

Huang SC, YH Cheng, CC Tu (1987) The effect of muskmelon blight at the PE-sheet tunnel cultivation. (in Chinese with English summary) **Res. Bullet. Tainan DAIS** 21:25–32.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.**

Kieboom A (1988) Thermal screens. **FAO-CNRE Reur Technical Series** 3:56–60.

Li XY, HB Zhu, G Liu, LJ Hou, XF Cong (2012) Effects of plastic film mulching of sweet potato on in row temperature and yield. (in Chinese with English abstract) **Crops** 1:121–123.

Licciardi S, F Assogba-Komlan, I Sidick, F Chandre, JM Hougard, T Martin (2008) A temporary tunnel screen as an eco-friendly method for small-scale farmers to protect cabbage crops in Benin. **Intl. J. Trop. Insect Sci.** 27:152–158.

Lopes CA, JBC Silva (1993) Management measures to control foot rot of sweet potato caused by *Plenodomusde struens*. Intl. J. Pest Manage. 39:72–74.

Luo XF, QC Tu, F Qiao, RD Ye (2014) Overwintering cultivation technique for new variety of vegetable- purposed sweet potato "Fucaishu 18" in open field condition. (in Chinese with English summary) **Fujian Agric. Sci. Technol.** 7:44–45.

Mukhopadhyay SK, A Chattopadhyay, I Chakraborty, I Bhattacharya (2011) Crops that feed the world: 5. Sweet Potato–Sweet Potatoes for income and food security. **Food Sec.** 3:283–305.

Natwick ET, A Durazo (1985) Polyester covers protect vegetables from whiteflies and virus disease. **Calif. Agric.** 39:21–22.

Woolfe JA. (1992) Sweet potato: an untapped food resource. **Cambridge University Press**. Cambridge, UK. 643pp.

Wrigley CW, C Blumenthal, PW Gras, EWR Barlow (1994) Temperature variation during grain filling and changes in wheat-grain quality. **Aust. J. Plant Physiol.** 21:875–888.

Xiao CL, CK Chandler, JF Price, JR Duval, JC Mertely, DE Legard (2001) Comparison of epidemics of Botrytis fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. **Plant Dis.** 85:901–909.

Yang CM, CH Cheng, MR Su, YJ Lee (1997) Effects of polyethylene plastic cover in growth of cantaloupe in row tunnel cultivation. (in Chinese with English summary) **Chinese J. Agromet.** 4:145–152.

Zabeltitz C (1988) The effect of the thermal screens on heat requirement. **FAO-CNRE Resour. Tech. Ser.** 3:67–69.

Zhao HJ, QN Wang, RD Cheng, HJ Zhang, XL Tong, S Xu (2005) Culture techniques of sweet potato tips as vegetable for high yield and high-quality. (in Chinese with English summary) **J. Jinling Inst. Technol.** 21:73–76.

－編輯：楊純明